



IPW

PATENT
0757-0285PUS1

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Takesi YAMAKAWA et al. Conf.: 7539
Appl. No.: 10/809,399 Group:
Filed: March 26, 2004 Examiner:
For: CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR
CONTROLLING A MOVING BODY

L E T T E R

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

June 28, 2004

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2003-097319	March 31, 2003

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By

Michael K. Mutter, #29,680

MKM/apw
0757-0285PUS1

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000

Attachment(s)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

0757-0285Pusi
10/809, 399
T. YAMAKAWA et al.
March 26, 2004
BSKB, LLP
(703) 205-8000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 3 月 3 1 日

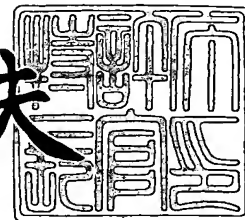
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 9 7 3 1 9
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 9 7 3 1 9]

出 願 人
Applicant(s): 財団法人ファジィシステム研究所

2 0 0 4 年 4 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 2 8 3 8 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 502-0001

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G05B 11/00

【発明者】

 【住所又は居所】 福岡県飯塚市大字川津字君ヶ坂 6 8 0 番地 4 1 財団法人ファジィシステム研究所内

 【氏名】 山川 烈

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内

 【氏名】 前野 仁

【発明者】

 【住所又は居所】 福岡県飯塚市大字川津字君ヶ坂 6 8 0 番地 4 1 財団法人ファジィシステム研究所内

 【氏名】 森田 博彦

【特許出願人】

 【識別番号】 591091696

 【氏名又は名称】 財団法人ファジィシステム研究所

【代理人】

 【識別番号】 110000154

 【氏名又は名称】 特許業務法人はるか国際特許事務所

 【代表者】 金山 敏彦

 【電話番号】 03-5367-2790

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 185835

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 船舶等の制御装置及び方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 制御対象に関する制御量を制御する制御装置であって、
制御量を順次取得する制御量取得手段と、

前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、前記制御対象により
行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する時間範囲判断手段と、

前記時間範囲判断手段により順次判断される時間範囲において前記制御量取得
手段により取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象によ
り行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターン
の中から順次判断する挙動パターン判断手段と、

前記複数の挙動パターンの各々に対応づけて制御パラメータを記憶する制御パ
ラメータ記憶手段と、

前記挙動パターン判断手段により順次判断される、前記所定種類の挙動が当て
はまる挙動パターンに対応づけて前記制御パラメータ記憶手段に記憶される制御
パラメータを順次読み出す制御パラメータ読み出し手段と、

前記制御パラメータ読み出し手段により順次読み出される制御パラメータに基
づいて、前記制御対象を制御する制御手段と、

を含むことを特徴とする制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の制御装置において、

前記時間範囲判断手段により順次判断される時間範囲において前記制御量取得
手段により取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象によ
り行われた前記所定種類の挙動に対する評価値を順次算出する挙動評価値算出手
段と、

前記挙動評価値算出手段により順次算出される評価値に基づいて、前記制御パ
ラメータ記憶手段に記憶される制御パラメータを更新する制御パラメータ更新手
段と、

をさらに含むことを特徴とする制御装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の制御装置において、

前記制御パラメータ更新手段は、前記挙動評価値算出手段により順次算出される評価値に対応する前記所定種類の挙動が行われた時間範囲において用いられた制御パラメータを更新する

ことを特徴とする制御装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の制御装置において、

前記時間範囲判断手段は、前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、前記制御量取得手段により取得される制御量が極値をとるタイミングを前記所定種類の挙動の時間範囲の始期及び終期と判断する

ことを特徴とする制御装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の制御装置において、

前記制御対象は船舶であり、

前記制御量はその針路であり、

前記制御手段は前記船舶に備えられた舵機を制御する

ことを特徴とする制御装置。

【請求項 6】 制御対象に関する制御量を制御する制御方法であって、

制御量を順次取得する制御量取得ステップと、

前記制御量取得ステップで取得される制御量に基づいて、前記制御対象により行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する時間範囲判断ステップと、

前記時間範囲判断ステップで順次判断される時間範囲において前記制御量取得ステップで取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象により行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターンの中から順次判断する挙動パターン判断ステップと、

前記複数の挙動パターンの各々に対応づけて制御パラメータを記憶する制御パラメータ記憶手段から、前記挙動パターン判断ステップで順次判断される、前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンに対応づけて記憶される制御パラメータを順次読み出す制御パラメータ読み出しステップと、

前記制御パラメータ読み出しステップで順次読み出される制御パラメータに基づいて、前記制御対象を制御する制御ステップと、

を含むことを特徴とする制御方法。

【請求項 7】 制御対象に関する制御量を制御する制御装置であって、
制御量を順次取得する制御量取得手段と、

前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、前記制御対象により
行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する時間範囲判断手段と、

前記時間範囲判断手段により順次判断される時間範囲において前記制御量取得
手段により取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象によ
り行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターン
の中から順次判断する挙動パターン判断手段と、

前記挙動パターン判断手段により順次判断される、前記所定種類の挙動が当て
はまる挙動パターンに対応する制御パラメータを順次取得する制御パラメータ取
得手段と、

前記制御パラメータ取得手段により順次取得される制御パラメータに基づいて
、前記制御対象を制御する制御手段と、

を含むことを特徴とする制御装置。

【請求項 8】 制御対象に関する制御量を制御する制御方法であって、
制御量を順次取得する制御量取得ステップと、

前記制御量取得ステップで取得される制御量に基づいて、前記制御対象により
行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する時間範囲判断ステップと、

前記時間範囲判断ステップで順次判断される時間範囲において前記制御量取得
ステップで取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象によ
り行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターン
の中から順次判断する挙動パターン判断ステップと、

前記挙動パターン判断ステップで順次判断される、前記所定種類の挙動が当て
はまる挙動パターンに対応する制御パラメータを順次取得する制御パラメータ取
得ステップと、

前記制御パラメータ取得ステップで順次取得される制御パラメータに基づいて
、前記制御対象を制御する制御ステップと、

を含むことを特徴とする制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】**【発明の属する技術分野】**

本発明は制御装置及び方法に関し、特に複数の挙動パターンのいずれかに当てはまる挙動を繰り返す制御対象を好適に制御する技術に関する。

【0002】**【背景技術】**

従来一般のリアルタイム制御技術では、ある時刻の制御量を、例えば該制御量と目標値との偏差によって評価し、それにより次の時刻で用いる操作量を決定している。しかしながら、周波数帯域が制御量出力信号と重なっていたり、周波数帯域が不定（未知又は時変）であったりして、従来一般のフィルタリングでは除去困難な外乱が制御量に重畳されている場合には、制御量を適切に評価することが困難であり、それ故、制御対象を適切に制御することが困難であるという問題がある。

【0003】

本発明は上記背景のもとでなされたものであって、その目的は、複数の挙動パターンのいずれかに当てはまる挙動を繰り返す制御対象を、従来一般のフィルタリングでは除去困難な外乱の影響を可及的に排して、好適に制御することができる制御装置及び方法を提供することにある。

【0004】**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するために、本発明に係る制御装置は、制御対象に関する制御量を制御する制御装置であって、制御量を順次取得する制御量取得手段と、前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、前記制御対象により行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する時間範囲判断手段と、前記時間範囲判断手段により順次判断される時間範囲において前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象により行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターンの中から順次判断する挙動パターン判断手段と、前記複数の挙動パターンの各々に対応づけて制御パラメータを記憶する制御パラメータ記憶手段と、前記挙動パターン判断手段

により順次判断される、前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンに対応づけて前記制御パラメータ記憶手段に記憶される制御パラメータを順次読み出す制御パラメータ読み出し手段と、前記制御パラメータ読み出し手段により順次読み出される制御パラメータに基づいて、前記制御対象を制御する制御手段と、を含むことを特徴とする。

【0 0 0 5】

また、本発明に係る制御方法は、制御対象に関する制御量を制御する制御方法であって、制御量を順次取得する制御量取得ステップと、前記制御量取得ステップで取得される制御量に基づいて、前記制御対象により行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する時間範囲判断ステップと、前記時間範囲判断ステップで順次判断される時間範囲において前記制御量取得ステップで取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象により行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターンの中から順次判断する挙動パターン判断ステップと、前記複数の挙動パターンの各々に対応づけて制御パラメータを記憶する制御パラメータ記憶手段から、前記挙動パターン判断ステップで順次判断される、前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンに対応づけて記憶される制御パラメータを順次読み出す制御パラメータ読み出しステップと、前記制御パラメータ読み出しステップで順次読み出される制御パラメータに基づいて、前記制御対象を制御する制御ステップと、を含むことを特徴とする。

【0 0 0 6】

本発明によれば、制御量が順次取得され、該制御量に基づいて制御対象により行われる所定種類の挙動の時間範囲が順次判断される。制御対象は船舶、自動車、二輪車、航空機、ロボット、建造物等、何であってもよく、制御量は位置、姿勢、温度、濃度等、何であってもよい。また、所定種類の挙動の時間範囲は、例えば制御量が極大値をとるタイミングを始期とし、次に極大値をとるタイミングを終期とする時間範囲である。その他、制御量が極小値をとるタイミングから次に極小値をとるタイミングまでの時間範囲であってもよいし、制御量が極小値をとるタイミングから次に極大値をとるタイミングまでの時間範囲、制御量が変曲するタイミングから次に変曲するタイミングまでの時間範囲、制御量が目標値に

一致するタイミングから次に一致するタイミングまでの時間範囲等であってもよい。いずれにしても、所定種類の挙動の時間範囲は、順次取得される制御量に基づいて順次判断されるようになっている。

【0007】

そして、各時間範囲において取得される制御量に基づき、その時間範囲において行われる挙動が当てはまる挙動パターンが複数の挙動パターンの中から順次判断される。そして、判断される挙動パターンに対応づけて記憶されている制御パラメータに基づいて制御対象が制御されるようになっている。こうして、本発明によれば、制御対象の挙動を判別して、その判別結果を用いて効率的な制御を行うことができるようになる。

【0008】

また、本発明の一態様では、前記時間範囲判断手段により順次判断される時間範囲において前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象により行われた前記所定種類の挙動に対する評価値を順次算出する挙動評価値算出手段と、前記挙動評価値算出手段により順次算出される評価値に基づいて、前記制御パラメータ記憶手段に記憶される制御パラメータを更新する制御パラメータ更新手段と、をさらに含む。こうすれば、適応制御を行うことができるようになる。なお、評価値は、例えば挙動の大きさを表すもの等であり、挙動の時間範囲における制御量の変化量等を採用することができる。また、この態様では、前記制御パラメータ更新手段は、前記挙動評価値算出手段により順次算出される評価値に対応する前記所定種類の挙動が行われた時間範囲において用いられた制御パラメータを更新するようによい。

【0009】

また、本発明の一態様では、前記時間範囲判断手段は、前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、前記制御量取得手段により取得される制御量が極値をとるタイミングを前記所定種類の挙動の時間範囲の始期及び終期と判断する。こうすれば、比較的簡単に所定種類の挙動の時間範囲を判断することができる。

【0010】

また、本発明の一態様では、前記制御対象は船舶であり、前記制御量はその針路であり、前記制御手段は前記船舶に備えられた舵機を制御する。こうすれば、船舶の進行方向を好適に制御することができる。

また、本発明に係る制御装置は、制御対象に関する制御量を制御する制御装置であって、制御量を順次取得する制御量取得手段と、前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、前記制御対象により行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する時間範囲判断手段と、前記時間範囲判断手段により順次判断される時間範囲において前記制御量取得手段により取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象により行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターンの中から順次判断する挙動パターン判断手段と、前記挙動パターン判断手段により順次判断される、前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンに対応する制御パラメータを順次取得する制御パラメータ取得手段と、前記制御パラメータ取得手段により順次取得される制御パラメータに基づいて、前記制御対象を制御する制御手段と、を含むことを特徴とする。

また、本発明に係る制御方法は、制御対象に関する制御量を制御する制御方法であって、制御量を順次取得する制御量取得ステップと、前記制御量取得ステップで取得される制御量に基づいて、前記制御対象により行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する時間範囲判断ステップと、前記時間範囲判断ステップで順次判断される時間範囲において前記制御量取得ステップで取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象により行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターンの中から順次判断する挙動パターン判断ステップと、前記挙動パターン判断ステップで順次判断される、前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンに対応する制御パラメータを順次取得する制御パラメータ取得ステップと、前記制御パラメータ取得ステップで順次取得される制御パラメータに基づいて、前記制御対象を制御する制御ステップと、を含むことを特徴とする。

本発明によれば、制御対象の挙動を判別して、その判別結果を用いて効率的な制御を行うことができるようになる。なお、制御パラメータ取得手段及び制御パ

ラメータ取得ステップでは、ファジィ推論、ニューラルネットワーク、ウェーブレットネットワーク、RBF (Radial Basis Function) ネットワーク等を用いて制御パラメータを取得してもよい。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面に基づき詳細に説明する。

【0012】

図1は、本発明の一実施形態に係る自動操舵制御装置の構成を示す図である。同図に示すように、この自動操舵制御装置10は、船舶（制御対象）に備えられるものであり、針路設定部12、方位センサ14、舵角センサ15、舵機16、加算器18、24、制御パラメータ決定部20、操舵量決定部22及びデッドバンド処理部26を含んで構成されており、舵機16を自動操作して、船舶の船首方位を制御するようになっている。

【0013】

針路設定部12は、本船舶の進むべき方位 θ_0 （目標値）を出力する。この方位 θ_0 は、方位設定つまみにより手動設定されてもよいし、例えば衛星測位システムを含んで構成される公知の船舶機器により演算生成されてもよい。この方位 θ_0 は、真北を基準とし、そこからのずれ角を右（東）回りに $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲で表したものである。針路設定部12の出力は負符号を与えられて加算器18に供給されている。

【0014】

方位センサ14は、本船舶の舳先が現在向いている方位 θ （制御量）を所定時間毎に出力する。この船首方位 θ も、真北を基準とし、そこからのずれ角を右（東）回りに $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲で表したものであり、加算器18及び制御パラメータ決定部20に供給されている。なお、船首方位 θ は、例えばローパスフィルタを施してから出力してもよい（加算器18の出力に対してローパスフィルタを施してもよい）。

【0015】

舵機16は、本船舶に備えられた舵を例えば油圧ポンプやシリンダ等により駆

動する舵機駆動部と、実舵角を指令舵角に一致させる舵機制御部と、を含んで構成された公知の船舶機器である。舵機 16 には、舵角センサ 15 が接続されており、該舵角センサ 15 から現在の舵角、すなわち実舵角 δ_r が出力されるようになっている。実舵角 δ_r は加算器 24 及びデッドバンド処理部 26 に供給されている。また、舵機 16 は、デッドバンド処理部 26 から指令舵角 $\delta_r + \delta_D$ を入力することにより、実舵角を δ_r から $\delta_r + \delta_D$ に変化させるようになっている。

【0016】

加算器 18 は、方位センサ 14 から出力される船首方位 θ と針路設定部 12 から出力される基準方位 θ_0 との偏差を生成し、それを操舵量決定部 22 に供給している。なお、加算器 18 から出力される偏差 $\theta - \theta_0$ は、 $\pm 180^\circ$ の範囲に正規化される。

【0017】

操舵量決定部 22 は P I D 制御（比例制御＋積分制御＋微分制御）を行う公知の制御手段であって、加算器 18 及び制御パラメータ決定部 20 の出力が供給されており、制御パラメータ決定部 20 から供給される制御パラメータ（比例係数 K_P 、積分係数 K_I 及び微分係数 K_D ）に基づいて、加算器 18 から供給される方位偏差 $\theta - \theta_0$ （ $\pm 180^\circ$ の範囲に正規化したもの）から操舵量 $\delta P I D$ を算出する。この操舵量決定部 22 はハードウェアのみによって構成されてもよいし、コンピュータと該コンピュータが実行するプログラムによって構成されてもよく、具体的には、図 2 に示すように、操舵量決定部 22 は、積分器 30、微分器 36、係数乗算器 32、34、38、加算器 40 を含んで構成されている。そして、加算器 18 から出力される偏差 $\theta - \theta_0$ に対して、積分器 30 により積分するとともに、積分結果に対して係数乗算器 32 により積分係数 K_I を乗算する。また、並行して係数乗算器 34 により比例係数 K_P を乗算する。さらに、並行して微分器 36 により微分するとともに、微分結果に対して係数乗算器 38 により微分係数 K_D を乗算する。加算器 40 には、それらの演算結果が入力されており、総和を操舵量 $\delta P I D$ として出力するようになっている。

【0018】

この操舵量 $\delta P I D$ は加算器 24 に供給されている。加算器 24 には舵角センサ 15 から出力される実舵角 δr も負符号を与えられて供給されており、操舵量 $\delta P I D$ と実舵角 δr との差分が演算されるようになっている。演算結果はデッドバンド処理部 26 に供給されている。

【0019】

デッドバンド処理部 26 は、入力値である操舵量 $\delta P I D$ と実舵角 δr との差分の絶対値が所定値 $D B$ 未満である場合には内部値 δD を零とし、それ以上の場合には入力値をそのまま内部値 δD とする処理を行う。デッドバンド処理部 26 には舵角センサ 15 から実舵角 δr も入力されている。そして、デッドバンド処理部 26 は、この実舵角 δr と内部値 δD との和を出力し、舵機 16 に供給している。こうして、操舵量決定部 22 の出力に対する舵角 $\delta r + \delta D$ の不感帯を設けている。このデッドバンド処理部 26 も、ハードウェアのみによって構成されてもよいし、コンピュータと該コンピュータが実行するプログラムによって構成されてもよい。デッドバンド処理部 26 における入力値と内部値との関係は、図 3 に示される通りである。

【0020】

制御パラメータ決定部 20 は、操舵量決定部 22 において操舵量 $\delta P I D$ を決定するために用いる制御パラメータ（比例係数 $K P$ 、積分係数 $K I$ 及び微分係数 $K D$ ）を決定する処理を行うものであり、方位センサ 14 から出力される船首方位 θ と図示しない衛星測位装置又は船速センサから供給されている現在船速 V とが入力されている。制御パラメータ決定部 20 は、これらのデータに基づいて制御パラメータを決定する。この制御パラメータ決定部 20 も、ハードウェアのみによって構成されてもよいし、コンピュータと該コンピュータが実行するプログラムによって構成されてもよい。

【0021】

具体的には、制御パラメータ決定部 20 は、図 4 に示されるように、挙動検出部 52、挙動特徴量算出部 56、挙動評価値算出部 54、パターンマッチング部 58、制御パラメータ更新部 60 及び制御パラメータ設定部 62 を含んで構成されている。挙動検出部 52 には、加算器 18 から出力される偏差 $\theta - \theta_0$ が入力

されており、船舶の所定挙動（偏差 $\theta - \theta_0$ が極大値をとるタイミングから再び極大値をとるタイミングまでの挙動（水平方向の船首揺，ヨーイング））の時間範囲を順次判断する。

【0022】

例えば、挙動検出部 52 に順次入力される偏差 $\theta - \theta_0$ に基づいて、最新の偏差 $\theta - \theta_0$ から直前の偏差 $\theta - \theta_0$ の差分を順次計算し、その値が正から負に変化するタイミングを制御量である船首方位 θ が極大値をとるタイミングであると判断する。そして、このタイミングを直前の挙動の終了タイミング、且つ次の挙動の開始タイミングと判断する。すなわち、図 5 に示されるように、加算器 18 から出力される偏差 $\theta - \theta_0$ は一般には増減を繰り返しており、図中波線で示される、偏差 $\theta - \theta_0$ が極大値をとるタイミング、すなわち船首方位 θ が極大値をとるタイミングを検知し、それをある挙動の開始タイミング、且つ次の挙動の終了タイミングとして挙動特徴量算出部 56 に供給するようになっている。なお、挙動検出部 52 は、その他、船首方位 θ が極小値をとるタイミングや、船首方位 θ の二階微分が符号反転するタイミング等に基づいて、挙動の時間範囲の開始タイミングや終了タイミングを決定してもよい。

【0023】

挙動特徴量算出部 56 には、挙動検出部 52 から各挙動の開始タイミング及び終了タイミングが順次供給されるとともに、加算器 18 から偏差 $\theta - \theta_0$ が順次供給されている。挙動特徴量算出部 56 は記憶手段を備えており、少なくとも 1 挙動分の偏差 $\theta - \theta_0$ が記憶されるようになっている。そして、各挙動の時間範囲において加算器 18 から供給された偏差 $\theta - \theta_0$ に基づいて、該挙動の特徴量を算出するようになっている。なお、挙動特徴量算出部 56 に記憶手段を設けることなく、逐次各種挙動特徴量を算出するようにしてもよい。

【0024】

ここでは、挙動特徴量算出部 56 は、各挙動の特徴量として、1つの挙動中に取得される偏差 $\theta - \theta_0$ の平均値 θ_c 、1つの挙動中に取得される偏差 $\theta - \theta_0$ の一階微分値 ω の平均値 ω_c 、1つの挙動中に取得される偏差 $\theta - \theta_0$ の最大値と最小値との差 $\Delta\theta$ 、1つの挙動中に取得される偏差 $\theta - \theta_0$ の一階微分 ω の最

大値と最小値との差 $\Delta \omega$ を算出するようにしている。図 6 は、ある挙動に対応する偏差 $\theta - \theta_0$ を、横軸が偏差 $\theta - \theta_0$ であり、縦軸がその一階微分である ω である位相面に表したものであり、挙動特徴量算出部 56 は、同図に示される θ_c 、 ω_c 、 $\Delta \theta$ 及び $\Delta \omega$ を特徴量として算出するようにしている。

【0025】

こうして算出される各特徴量は挙動評価値算出部 54 とパターンマッチング部 58 に供給されている。具体的には、平均値 θ_c 及び ω_c はパターンマッチング部 58 に供給され、平均値 θ_c 及び ω_c と偏差 $\theta - \theta_0$ 及び一階微分 ω の各最大値と最小値の差 $\Delta \theta$ 及び $\Delta \omega$ は挙動評価値算出部 54 に供給されている。パターンマッチング部 58 には、図示しない衛星測位装置や船速センサから本船舶の速度、すなわち船速 V も供給されている。なお、ここでは挙動特徴量として上記のものを採用したが、もちろん他の量を挙動特徴量としてもよい。

【0026】

パターンマッチング部 58 は、挙動検出部 52 により順次判断される時間範囲において方位センサ 14 により取得される船首方位 θ に基づいて、各時間範囲において本船舶により行われた挙動が当てはまる挙動パターンを、複数の挙動パターンの中から順次判断する。このパターンマッチング部 58 によるパターンマッチング処理は、ここでは後述するメンバーシップ関数群及びファジィルールテーブル群を用いたファジィ推論により行うこととするが、その他、ニューラルネットワーク、RBF (Radial Basis Function) ネットワーク、ウェーブレットネットワーク等により行うこととしてもよい。また、より単純に、各挙動パターンに対応する各挙動特徴量の数値範囲を予め決定しておき、実際の挙動に対して算出される挙動特徴量がどの数値範囲に属するかにより、その挙動に対応する挙動パターンを判断してもよい。

【0027】

また、パターンマッチング部 58 は、複数の挙動パターンの各々に対応づけて制御パラメータの組（比例係数 K_P 、積分係数 K_I 及び微分係数 K_D ）を記憶する、制御パラメータ記憶部 59 を含んで構成されている。より具体的には、制御パラメータ記憶部 59 は、各挙動パターン（前件部）に対応づけて制御パラメー

タの組（後件部シングルトン）を複数記憶しており、各組は船速 V に対応づけられている。すなわち、制御パターン記憶部59は、挙動パターンと船速 V の組合せに対応づけて制御パラメータの組を記憶している。この制御パラメータ記憶部59は、例えばRAMやROM、或いはハードディスク記憶装置等の公知の記憶手段を含んで構成されてよい。そして、パターンマッチング部58は、こうして順次判断される、各挙動が当てはまる挙動パターンに対応づけて、制御パラメータ記憶部59に記憶される制御パラメータの組を順次読み出し、それを制御パラメータ設定部62に供給している。なお、各挙動が当てはまる挙動パターンが複数ある場合には、それらに対応する制御パラメータの重心等を制御パラメータ設定部62に供給すればよい。

【0028】

ここで、パターンマッチング部58による処理をファジィ推論により行う例について説明する。図7は、パターンマッチング部58に記憶されている、メンバーシップ関数群の一例を示す図である。パターンマッチング部58に入力される特徴量 θ_c 及び ω_c は、同図（a）及び（b）に示されるメンバーシップ関数に照査され、それぞれの特徴量 θ_c 及び ω_c と各ファジィ集合との適合度が算出される。同様に、パターンマッチング部58に入力される船速 V も、同図（c）に示されるメンバーシップ関数に照査され、それと各ファジィ集合との適合度が算出される。その後、こうして算出される適合度に基づいて1又は複数のIF-THENルールが選出される。

【0029】

図8は、制御パラメータ記憶部59に記憶されている、ファジィルールテーブル群の一例を示す図である。同図に示すように、制御パラメータ記憶部59では、特徴量 θ_c と特徴量 ω_c と船速 V とを前件部とし、制御パラメータの組 P_{mn} （シングルトン）を後件部とする3入力1出力ファジィルールテーブルを複数記憶している（3入力1出力ファジィルールテーブルが制御パラメータ（ K_P , K_I , K_D ）毎に記憶されている）。なお、ここでは船速 V が負の場合、手動による操舵が行われる。同テーブル群から、特徴量 θ_c 及び ω_c 並びに船速 V に対応する制御パラメータの組 P_{mn} を取得できるようになっている。こうして取得さ

れる制御パラメータの組は、制御パラメータ設定部 62 によって、操舵量決定部 22 に含まれる係数乗算部 32, 34, 38 にそれぞれ設定されるようになっている（後述するように、適応制御とする場合には、制御パラメータにそれぞれ所定値を加算したものを操舵量決定部 22 に供給することになる）。

【0030】

挙動評価値算出部 54 は、上述のように挙動特徴量算出部 56 から各挙動の特徴量を取得する。そして、それら特徴量に基づいて各挙動に対する評価値 f を算出する。この評価値 f は、例えば次式に従って算出され、制御パラメータ更新部 60 に供給される。

【0031】

【数 1】

$$f = \theta_c^2 + \omega_c^2 + \Delta\theta^2 + \Delta\omega^2$$

【0032】

ここで、特徴量 θ_c 及び ω_c は各挙動の原点からの全体的なずれを表しており、これらの値が小さいほど望ましい挙動であると判断できる。また、特徴量 $\Delta\theta$ 及び $\Delta\omega$ は各挙動の大きさを表しており、これらの値が小さいほど望ましい挙動であると判断できる。そこで、本自動操舵制御装置 10 では、これらの値の増加関数である上記評価値 f を最小化するように、制御パラメータ記憶部 59 に記憶されている制御パラメータを更新するようにしている。

【0033】

すなわち、制御パラメータ設定部 62 は、制御パラメータ記憶部 59 から読み出された制御パラメータ（比例係数 K_P 、積分係数 K_I 及び微分係数 K_D ）のうち、最も実際の挙動に対する適合度が高かった挙動パターンに対応するものを更新量 ΔK_P 、 ΔK_I 及び ΔK_D だけそれぞれ増加させ、制御パラメータ記憶部 59 の記憶内容を更新する。そして、パターンマッチング部 58 により、再度挙動パターンに対応する制御パラメータの組を読み出し、その重心等を制御パラメータ設定部 62 に供給する。そして、この制御パラメータは、制御パラメータ設定部 62 により操舵量決定部 22 に供給される。なお、更新量 ΔK_P 、 ΔK_I 及び ΔK_D は、固定値であってもよいが、船首方位 θ やそれに基づく挙動特徴量等に

基づいて算出されるようにすれば好適である。例えば、連続する挙動の各評価値 f_{n+1} 及び f_n の差分に比例する量としてもよい。なお、この場合は、 $\Delta K P$ 、 $\Delta K I$ 及び $\Delta K D$ が負になることもあり得る。更新量 $\Delta K P$ 等が負値を取りうる場合には、以下の説明において、比例係数 $K P$ 等の増加は、比例係数 $K P$ 等に更新量 $\Delta K P$ 等を加算することを意味し、比例係数 $K P$ 等の減少は、比例係数 $K P$ 等から更新量 $\Delta K P$ 等を減算することを意味する。

【0034】

制御パラメータ更新部 60 は、上記のようにして供給される制御パラメータに基づいて操舵量決定部 22 により制御を行った結果、次の挙動の評価が向上していれば（評価値が減少していれば）、 $\Delta K P$ 、 $\Delta K I$ 及び $\Delta K D$ だけ各制御パラメータを増加させたことが制御の改善に貢献したと判断し、前回の挙動に対する適合度が最も高かった挙動パターンに対応する各制御パラメータを、さらに $\Delta K P$ 、 $\Delta K I$ 及び $\Delta K D$ だけ増加させる。また、次の挙動の評価が低下していれば（評価値が増加していれば）、 $\Delta K P$ 、 $\Delta K I$ 及び $\Delta K D$ だけ各制御パラメータを増加させたことが制御の悪化に繋がったと判断し、 $2 \Delta K P$ 、 $2 \Delta K I$ 及び $2 \Delta K D$ だけ各制御パラメータを減少させる。

【0035】

こうして、上記評価値 f を最小化するよう、制御パラメータ記憶部 59 に記憶されている各制御パラメータを順次更新するようにしている。これにより、事前のパラメータ設定を詳細にしなくても、各種船舶において好適に挙動を制御できる制御パラメータを次第に得ることができる。なお、以上の説明では、実際の挙動に対して最も適合度が高かった挙動パターン、いわゆる勝者パターンに対応する制御パラメータのみを更新する方式を説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0036】

ここで、本実施形態に係る自動操舵制御装置 10 の動作について説明する。

【0037】

図 9 及び図 10 は、本実施形態に係る自動操舵制御装置 10 の動作を示すフロー図である。同図に示すように、この自動操舵制御装置 10 では、まず各挙動を

特定する数値を格納する変数 n をメモリに確保し、そこに初期値 1 を設定する（図 9；S101）。次に、予め用意された制御パラメータ（比例係数 KP_0 、積分係数 KI_0 及び微分係数 KD_0 ）を操舵量決定部 22 に供給し、それにより挙動 Y_1 （ Y :Yawing）の間、舵機 16 を制御する（S102）。そして、挙動検出部 52 は、偏差 $\theta - \theta_0$ により挙動 Y_1 の終了タイミングを監視する（S103）。そして、挙動検出部 52 が挙動 Y_1 の終了タイミングを検知すると、それを挙動特徴量算出部 56 に通知し、それにより挙動特徴量算出部 56 が挙動 Y_1 の特徴量（ θ_c , ω_c , $\Delta\theta$, $\Delta\omega$ ）を算出する（S104）。

【0038】

こうして、算出される特徴量はパターンマッチング部 58 及び挙動評価値算出部 54 に供給され、パターンマッチング部 58 は挙動 Y_1 が最も当てはまる挙動パターン R_1 を決定する（S105）。また、挙動評価値算出部 54 は挙動 Y_1 の評価値 f_1 を算出する（S106）。そして、パターンマッチング部 58 は、S105 において決定された挙動パターン R_1 に対応する制御パラメータを制御パラメータ記憶部 59 から読み出し、制御パラメータ設定部 62 は、それを上述した更新量 ΔKP , ΔKI 及び ΔKD だけ増加させる。そして、こうして更新した制御パラメータを挙動パターン R_1 に対応づけて制御パラメータ記憶部 59 に記憶させる。すなわち、挙動パターン R_1 に対応する制御パラメータを更新する。その後、パターンマッチング部 58 により更新後の制御パラメータに基づいて再度ファジィ推論された制御パラメータを取得し、それを操舵量決定部 22 に供給する（S107）。

【0039】

その後、操舵量決定部 22 は、S107 において制御パラメータ設定部 62 から供給された制御パラメータを用いて、挙動 Y_2 の間、舵機 16 を制御する（図 10；S108）。そして、挙動検出部 52 は、偏差 $\theta - \theta_0$ により挙動 Y_2 の終了タイミングを監視する（S109）。そして、挙動検出部 52 が挙動 Y_2 の終了タイミングを検知すると、それを挙動特徴量算出部 56 に通知し、それにより挙動特徴量算出部 56 が挙動 Y_2 の特徴量（ θ_c , ω_c , $\Delta\theta$, $\Delta\omega$ ）を算出する（S110）。こうして、算出される特徴量はパターンマッチング部 58 及

び挙動評価値算出部 54 に供給され、パターンマッチング部 58 は挙動 Y2 が最も当てはまる挙動パターン R2 を決定する (S111)。また、挙動評価値算出部 54 は挙動 Y2 の評価値 f2 を算出する (S112)。

【0040】

その後、制御パラメータ更新部 60 は、挙動 Y1 の評価値 f1 よりも挙動 Y2 の評価値 f2 の方が小さくなっているか否かを判断する (S113)。そして、小さくなっていれば、挙動 Y1 における制御が良好に進んだとして、挙動パターン R1 に対応する制御パラメータをさらに更新量 ΔKP 、 ΔKI 及び ΔKD だけ増加させるよう、制御パラメータ記憶部 59 の記憶内容を更新する (S114)。一方、S113 において、挙動 Y2 の評価値 f2 が挙動 Y1 の評価値 f1 以上であると判断すると、挙動パターン R1 に対応する制御パラメータを更新量 $2\Delta KP$ 、 $2\Delta KI$ 及び $2\Delta KD$ だけ減少させるよう、制御パラメータ記憶部 59 の記憶内容を更新する (S115)。

【0041】

その後、S111での決定に従い、挙動パターン R2 に対応する制御パラメータを制御パラメータ記憶部 59 から読み出し、制御パラメータ設定部 62 は、それを上述した更新量 ΔKP 、 ΔKI 及び ΔKD だけ増加させる。また、制御パラメータ設定部 62 は、こうして更新した制御パラメータを、挙動パターン R2 に対応づけて制御パラメータ記憶部 59 に記憶させる。すなわち、挙動パターン R2 に対応する制御パラメータを更新する。そして、パターンマッチング部 58 により更新後の制御パラメータに基づいて再度ファジィ推論された制御パラメータを取得し、それを操舵量決定部 22 に供給する (S116)。その後、変数 n を 1 だけ増加し (S117)、S108 の処理に戻る。こうして、以降は S108 乃至 S117 の処理を繰り返し、後続の挙動 Yn において舵機 16 を制御していく。

【0042】

以上説明した自動操舵装置 10 によれば、目標値である基準方位 θ_0 と制御量である船首方位 θ との偏差が増減を繰り返す場合に、その増減パターンに対応する制御パラメータを用いて、船舶の制御を好適に行うことができる。また、各挙

動に対する評価を行い、それにより制御パラメータを自動更新して適応制御を行うようにしているので、複雑なパラメータ調整作業を経ることなく、様々な船舶の制御を行うことができるようになる。

【0043】

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、ここでは船舶の操舵制御に本発明を適用する例を示したが、他の移動体にも本発明を同様に適用することができる。また、移動体制御以外にも本発明を同様に適用することができる。さらに、移動体の進行方向のみならず、姿勢制御や速度制御等にも適用することができる。また、移動体以外であっても、温度や濃度等の物理量の制御に適用することができる。また、以上の説明では制御パラメータ K_P , K_I , K_D を同時に更新するようにしたが、所定挙動数毎に順に、1種類ずつ順に制御パラメータを更新するようにすれば、制御パラメータ毎の制御に与える影響の違いを反映させた、さらに適切な学習を行うことができる。

【0044】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、所定種類の挙動の時間範囲を順次判断し、それら時間範囲において取得される制御量に基づいて、各時間範囲において前記制御対象により行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターンの中から順次判断している。そして、前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンに対応づけて記憶手段に記憶される制御パラメータを順次読み出し、それにより前記制御対象を制御している。こうして、制御対象の挙動を判別し、それを考慮して効率的な制御を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態に係る自動操舵制御装置の構成を示す図である。

【図2】 操舵量決定部の構成を示す図である。

【図3】 デッドバンド処理部の処理内容を説明する図である。

【図4】 制御パラメータ決定部の構成を示す図である。

【図5】 方位差（実方位と目標方位との差）の経時変化を示す図である。

【図 6】 挙動あたりの方位差とその一階微分の推移を位相面で示す図である。

【図 7】 メンバーシップ関数群の一例を示す図である。

【図 8】 ファジイルールテーブル群の一例を示す図である。

【図 9】 本発明の実施形態に係る自動操舵制御装置の動作を示すフロー図である。

【図 10】 本発明の実施形態に係る自動操舵制御装置の動作を示すフロー図である。

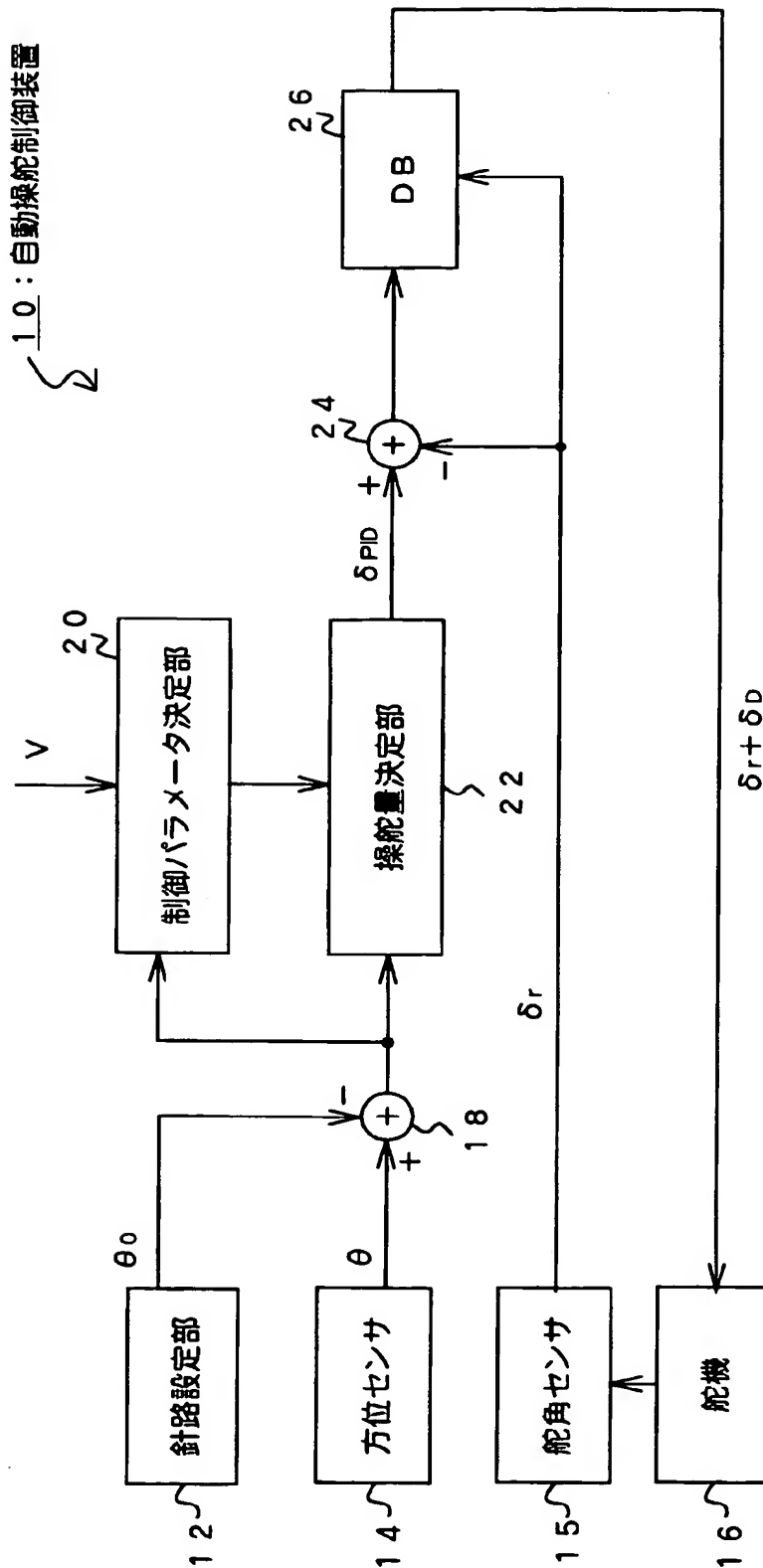
【符号の説明】

10 自動操舵制御装置、12 針路設定部、14 方位センサ、15 舵角センサ、16 舵機、18, 24, 40 加算器、20 制御パラメータ決定部、22 操舵量決定部、26 デッドバンド処理部、30 積分器、32 積分パラメータ乗算部、34 比例パラメータ乗算部、36 微分器、38 微分パラメータ乗算部、52 挙動検出部、54 挙動評価値算出部、56 挙動特徴量算出部、58 パターンマッチング部、60 制御パラメータ更新部、62 制御パラメータ設定部。

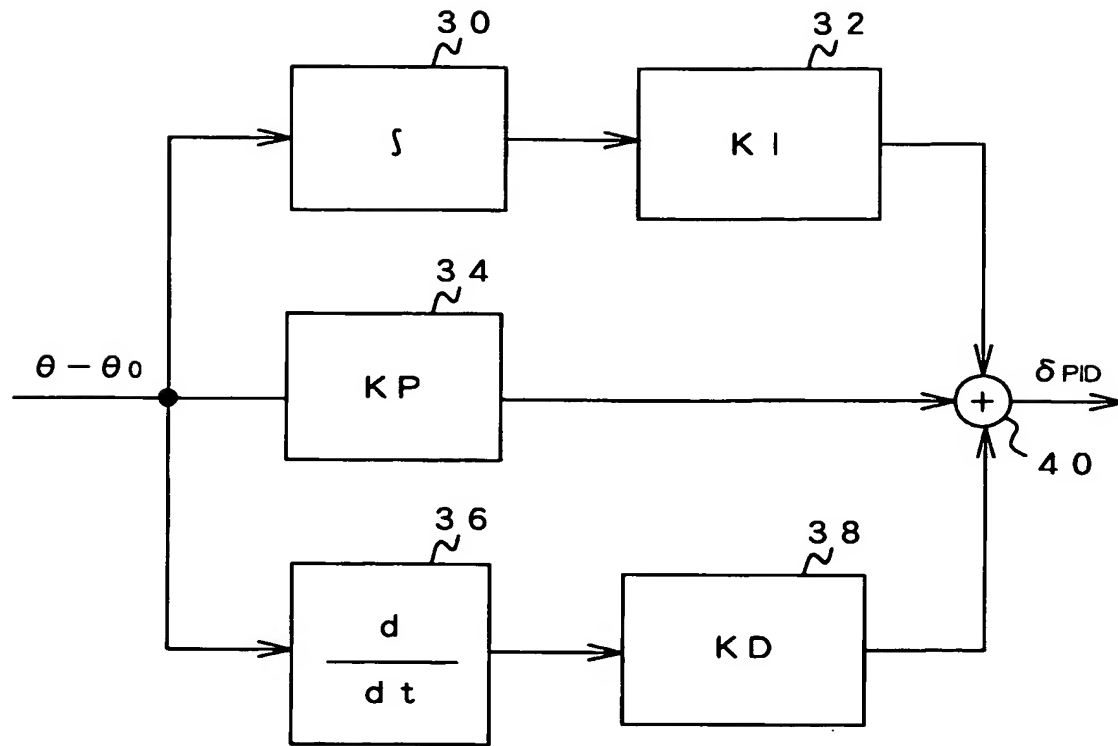
【書類名】

図面

【図 1】

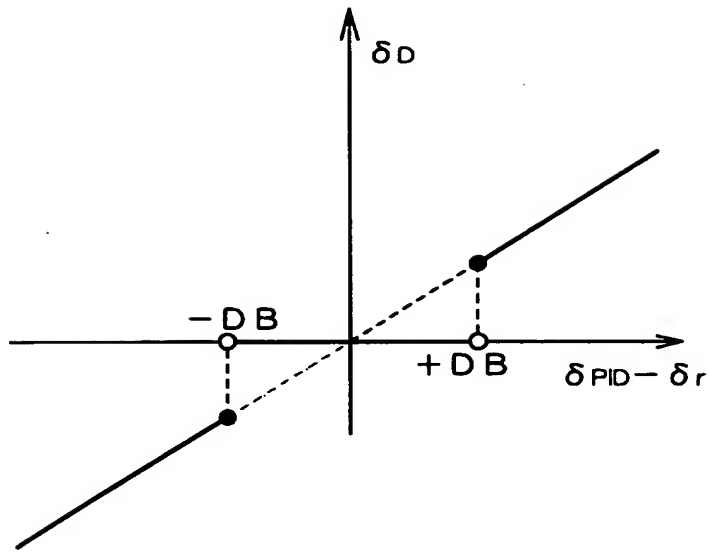


【図 2】

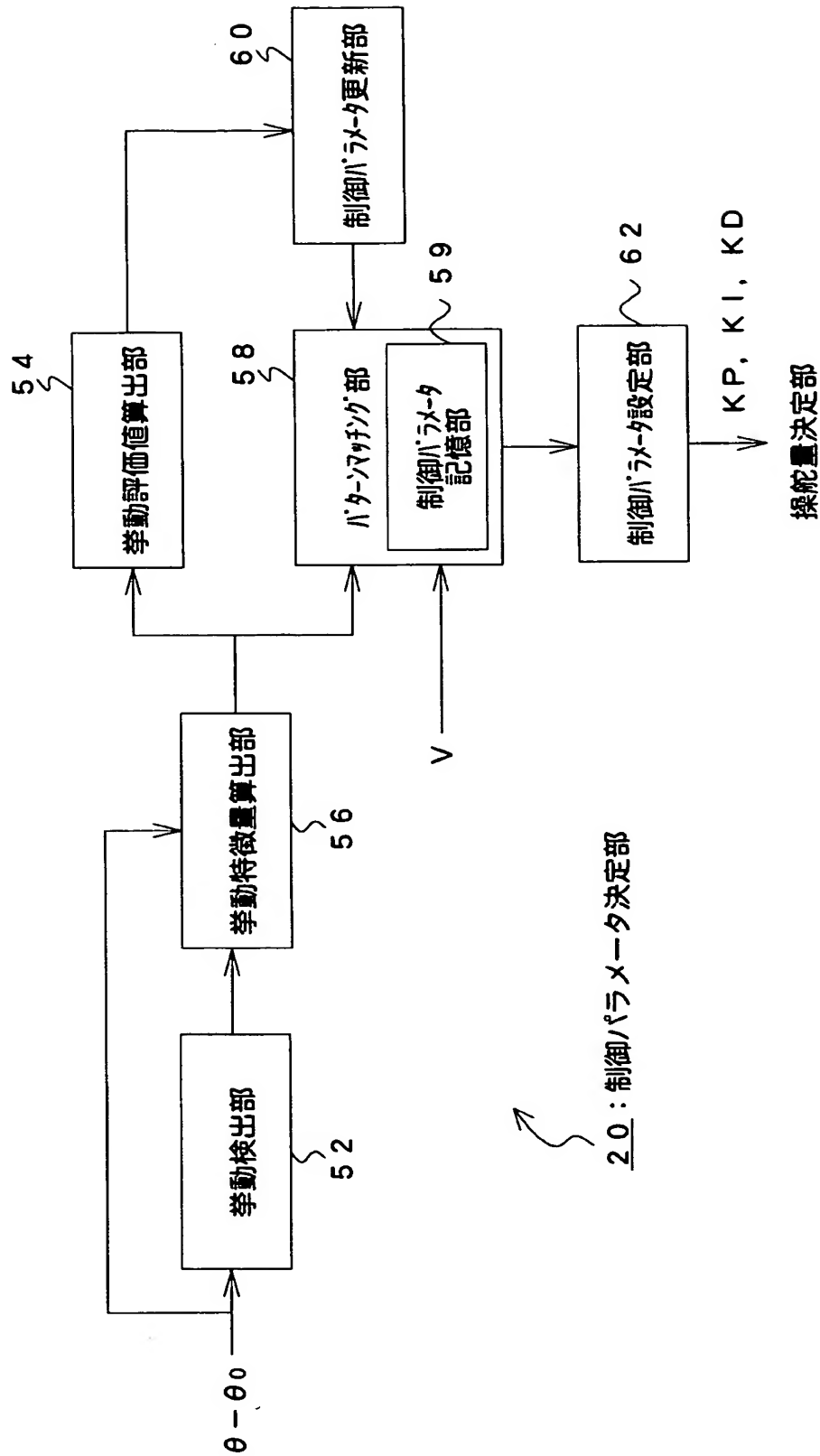


22: 操舵量決定部

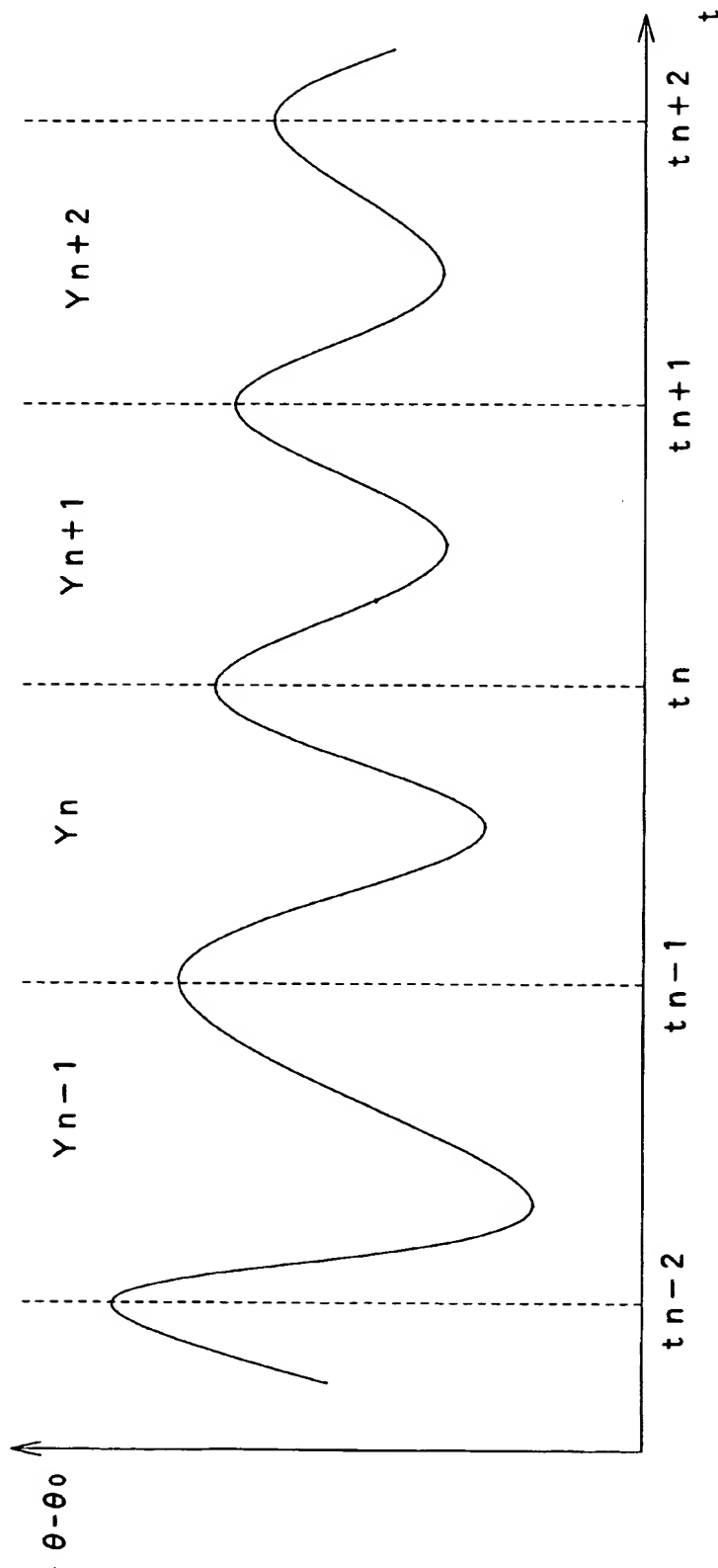
【図 3】



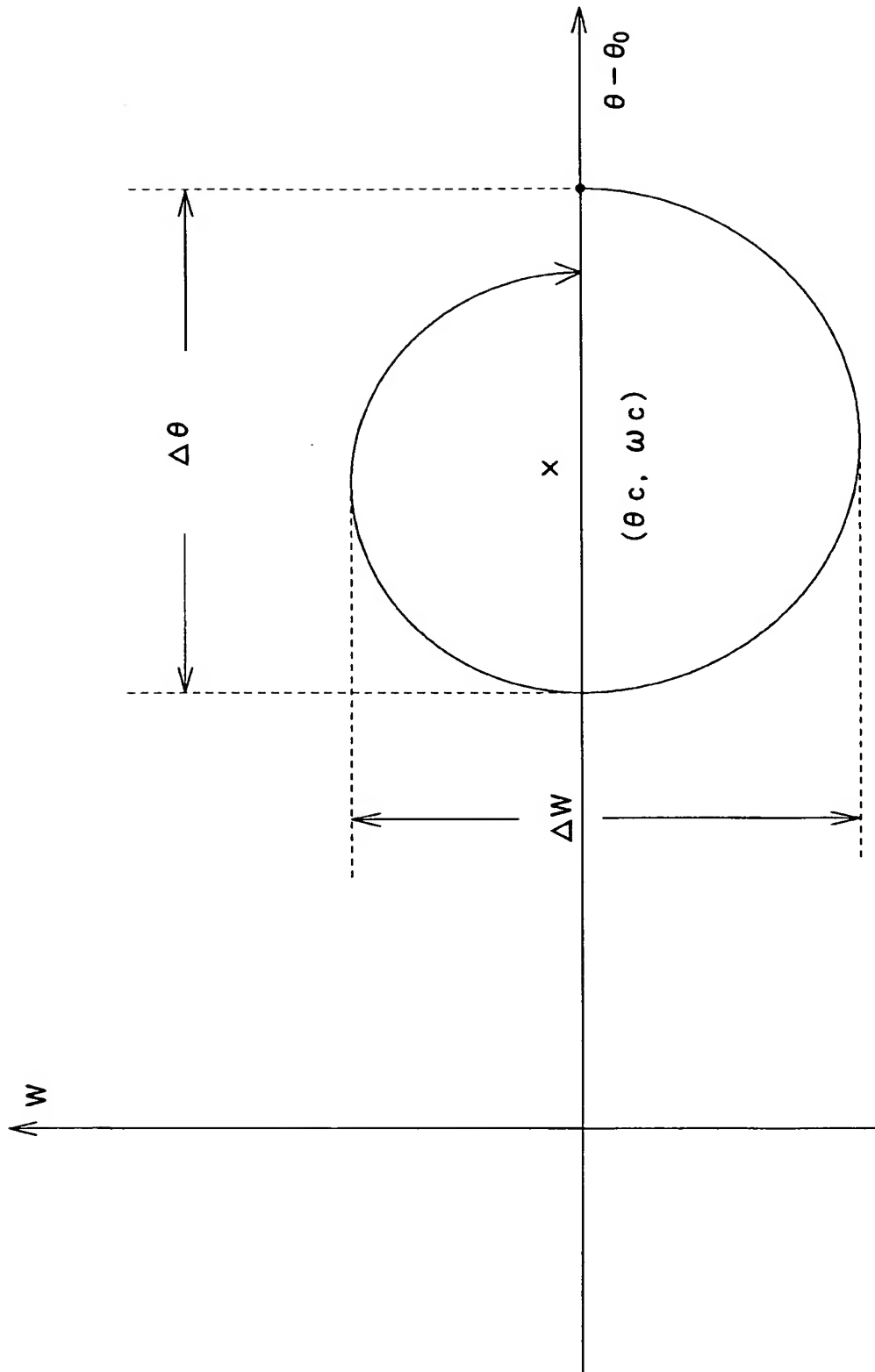
【図 4】



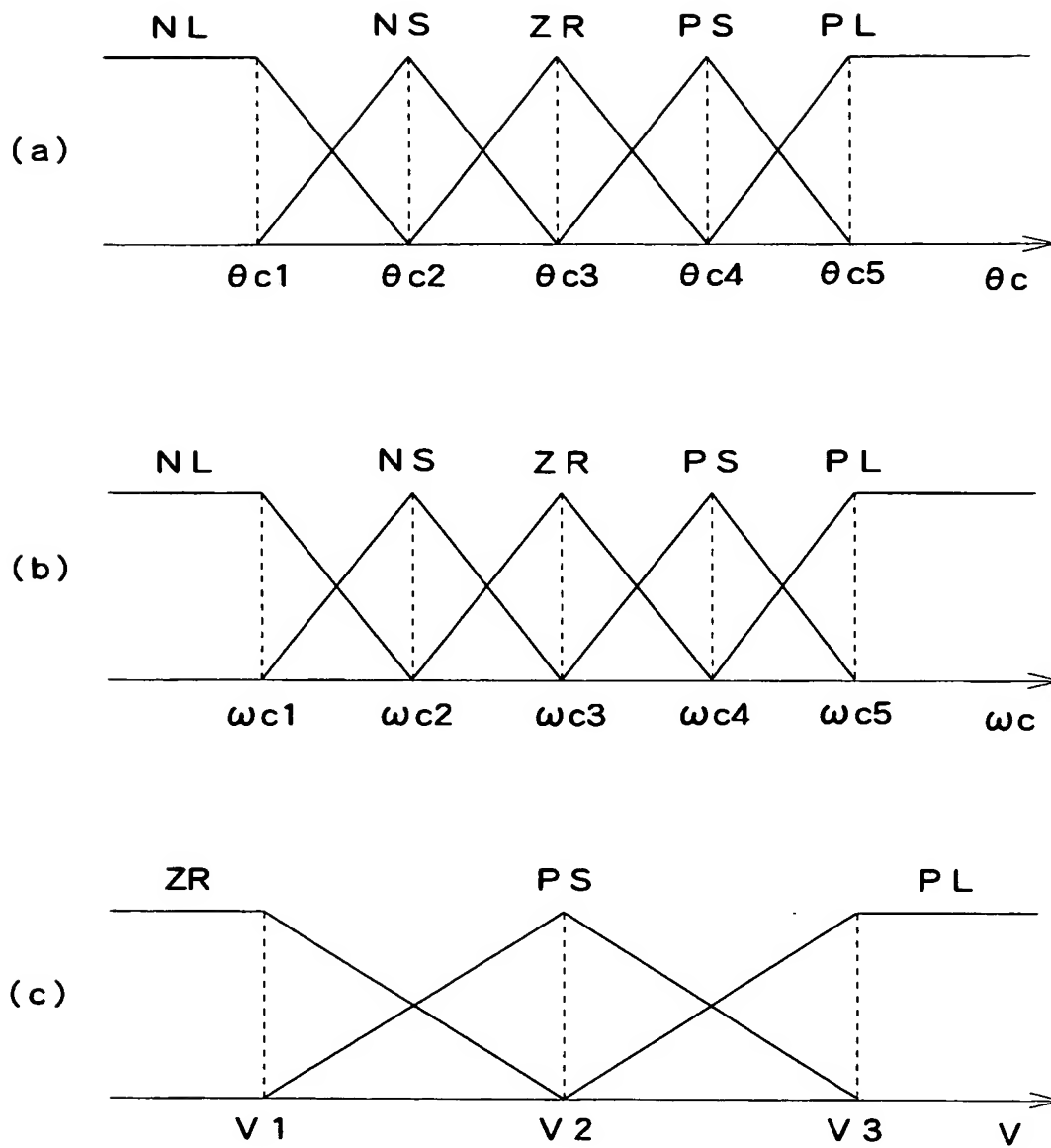
【図 5】



【図 6】



【図 7】

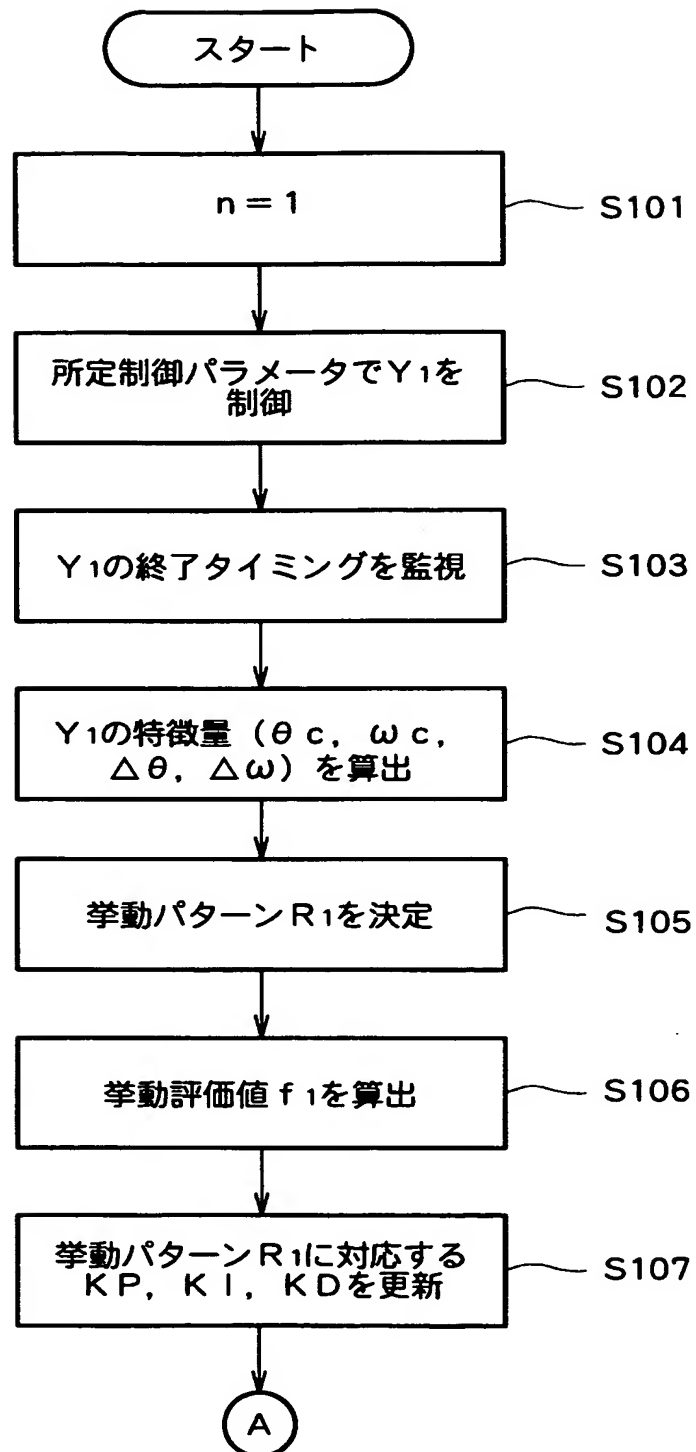


【図 8】

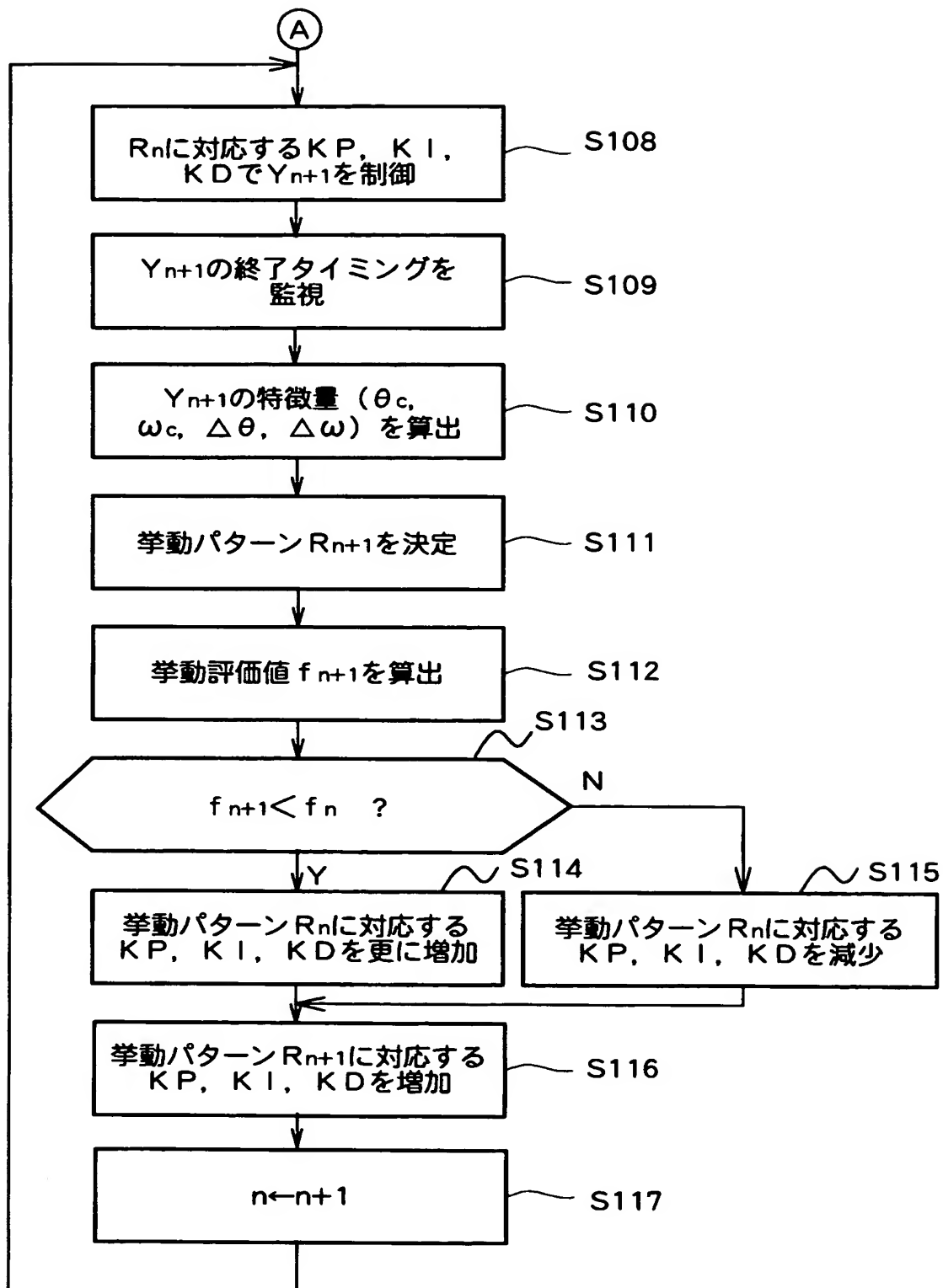
The diagram shows a 5x5 matrix P with rows and columns labeled NL, NS, ZR, PS, and PL. The top-left cell is labeled with ω_c and θ_c . The matrix elements are P_{ij} where i is the row index and j is the column index. To the right of the matrix, there are three curly braces: the top one groups the ZR column and is labeled ZR; the middle one groups the PS and ZR columns and is labeled PS; the bottom one groups the PL, PS, and ZR columns and is labeled PL. Above the matrix, there are two horizontal lines: the top one spans the width of the matrix, and the one below it spans the width of the first four columns (NL, NS, ZR, PS).

$\omega_c \backslash \theta_c$	NL	NS	ZR	PS	PL
NL	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}
NS	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}
ZR	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{35}
PS	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{45}
PL	P_{51}	P_{52}	P_{53}	P_{54}	P_{55}

【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 船舶等の制御対象の挙動を判別して、その判別結果を用いて効率的な制御を行うことができる制御装置及び方法を提供すること。

【解決手段】 方位センサにより取得される方位データに基づいて船舶により行われる所定種類の挙動の時間範囲を順次判断する挙動検出部 52 と、挙動検出部 52 により順次判断される時間範囲において方位センサにより取得される方位データに基づいて、各時間範囲において船舶により行われた前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンを複数の挙動パターンの中から順次判断するパターンマッチング部 58 と、パターンマッチング部 58 により順次判断される、前記所定種類の挙動が当てはまる挙動パターンに対応づけて記憶手段に記憶される制御パラメータを順次読み出し、該制御パラメータに基づいて船舶の制御を行わせる制御パラメータ設定部 62 と、を含むことを特徴とする。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 9 7 3 1 9
受付番号	5 0 3 0 0 5 3 8 0 0 9
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 5 年 4 月 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 3月31日
-------	-------------

次頁無

【書類名】 手続補正書

【整理番号】 502-0001

【提出日】 平成15年 4月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【事件の表示】

 【出願番号】 特願2003- 97319

【補正をする者】

 【識別番号】 591091696

 【氏名又は名称】 財団法人ファジィシステム研究所

【代理人】

 【識別番号】 110000154

 【氏名又は名称】 特許業務法人はるか国際特許事務所

 【代表者】 金山 敏彦

 【電話番号】 03-5367-2790

【手続補正 1】**【補正対象書類名】** 特許願**【補正対象項目名】** 発明者**【補正方法】** 変更**【補正の内容】****【発明者】****【住所又は居所】** 福岡県飯塚市大字川津字君ヶ坂 6 8 0 番地 4 1 財団法人ファジィシステム研究所内**【氏名】** 山川 烈**【発明者】****【住所又は居所】** 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内**【氏名】** 前野 仁**【発明者】****【住所又は居所】** 福岡県飯塚市大字川津字君ヶ坂 6 8 0 番地 4 1 財団法人ファジィシステム研究所内**【氏名】** 内野 英治**【発明者】****【住所又は居所】** 福岡県飯塚市大字川津字君ヶ坂 6 8 0 番地 4 1 財団法人ファジィシステム研究所内**【氏名】** 森田 博彦**【その他】** 変更（追加）の理由は、提出願書において発明者として「山川 烈 前野 仁 内野 英治 森田 博彦」の 4 名を記載すべき所、「内野 英治」の 1 名を欠落させてしまったためです。**【プルーフの要否】** 要

特願 2 0 0 3 - 0 9 7 3 1 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 9 1 0 9 1 6 9 6]

1. 変更年月日 1 9 9 3 年 8 月 5 日

[変更理由] 住所変更

住 所 福岡県飯塚市大字川津字君ヶ坂 6 8 0 番地 4 1

氏 名 財団法人ファジィシステム研究所